


A E

Process and device for the open-loop and closed-loop control of process parameters in ultrasonic welding

Patent Number: DE4321874
Publication date: 1995-01-12
Inventor(s): KORTE WOLFGANG DIPL ING (DE); NETZE CARSTEN DR ING (DE)
Applicant(s): VER FOERDERUNG INST KUNSTSTOFF (DE)
Requested Patent: ☐ DE4321874
Application Number: DE19934321874 19930701
Priority Number(s): DE19934321874 19930701
IPC Classification: B23K20/10; B29C65/08
EC Classification: B23K20/10, B29C65/08
Equivalents:

Abstract

In ultrasonic welding, until now optimisation of the process has largely been carried out empirically. The interrelationships between the quality-relevant process parameters and the weld quality were until now described only partially and incompletely. However, it has been shown that the quality of the welded joint depends on which flow conditions exist in the polymer melt at the instant at which the welding time is ended. The flow movements of the polymer melt can be represented by the joining path curve or its time derivation (joining rate), in conjunction with the force curve. This makes it possible to keep a check on the weld quality. According to the invention, the machine is provided with a measuring and controlling system for the joining path and the joining force, in order to establish in a simple way when various flow states of the polymer melt are reached and in order to perform an open-loop or closed-loop control of the joining rate at various

instants in the process or over a period of time in the process. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Off nlegungsschrift
10 DE 43 21 874 A 1

51 Int. Cl.⁶:
B 23 K 20/10
B 29 C 65/08

DE 43 21 874 A 1

21 Aktenzeichen: P 43 21 874.1
22 Anmeldetag: 1. 7. 93
43 Offenlegungstag: 12. 1. 95

71 Anmelder:

Vereinigung zur Förderung des Instituts für
Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk
an der Rhein.-Westf. Technischen Hochschule
Aachen eV, 52062 Aachen, DE

72 Erfinder:

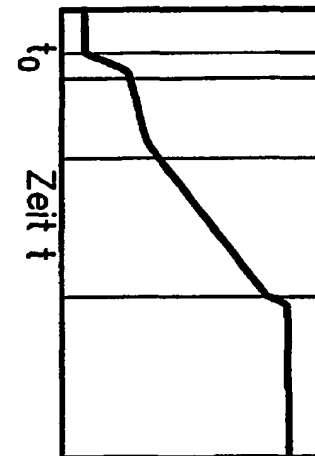
Netze, Carsten, Dr.-Ing., 52064 Aachen, DE; Korte,
Wolfgang, Dipl.-Ing., 51069 Köln, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zum Steuern und Regeln von Prozeßparametern beim Ultraschallschweißen

57 Beim Ultraschallschweißen erfolgte bisher die Prozeßopti-
mierung weitgehend empirisch. Die Zusammenhänge zwi-
schen den qualitätsrelevanten Prozeßparametern und der
Schweißnahtqualität waren bisher nur teilweise und unvoll-
ständig beschrieben. Es hat sich jedoch gezeigt, daß die
Qualität der Schweißverbindung davon abhängt, welche
Fließbedingungen in der Kunststoffschmelze zum Zeitpunkt
der Schweißzeitbeendigung vorliegen. Die Fließbewegungen
der Kunststoffschmelze lassen sich anhand des Fügeweg-
verlaufs bzw. deren zeitlicher Ableitung (Fügegeschwindig-
keit), in Verbindung mit dem Kraftverlauf, darstellen. Hier-
durch ist eine Kontrolle der Schweißnahtqualität möglich.
Erfindungsgemäß ist die Maschine mit einem Meß- und
Regelsystem für den Fügeweg und die Fugekraft versehen,
um das Erreichen verschiedener Fließzustände der Kunst-
stoffschmelze in einfacher Weise festzustellen und eine
Regelung oder Steuerung der Fügegeschwindigkeit zu ver-
schiedensten Prozeßzeitpunkten oder über einen Prozeßzeit-
raum vorzunehmen.

Fügeweg s_F



DE 43 21 874 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 94 408 062/191

9/31

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Steuern und Regeln von Prozeßparametern beim Ultraschallschweißen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Beim Ultraschallschweißen werden die Fügeteile in eine oszillierende longitudinale schwingende Bewegung versetzt und solange der Ultraschalleinwirkung ausgesetzt, bis der Werkstoff in der Berührungszone der beiden Fügeteile aufschmilzt und ein Ineinanderfließen im Berührungsbereich stattfinden kann. Danach wird der Ultraschall abgeschaltet, so daß beim Abkühlen eine stoffschlüssige Verbindung entstehen kann.

Im Gegensatz zu anderen Kunststoffschweißverfahren, wie z. B. dem Heizelementschweißen, dem Rotationsreischweißen und dem Vibrationsschweißen fallen beim Ultraschallschweißen die Erwärmungs- und die Fügephase, mit den dabei auftretenden Stoffverbindungs- und Haftungsprozessen, zeitlich zusammen. Wobei sich die Erwärmungsmechanismen aus Hystereseverlusten im Kunststoff durch die zyklische Ultraschalleinwirkung und der zu Beginn des Prozesses in gewissem Maße auftretenden Grenzflächenreibung zusammensetzen. Damit ergeben sich neue Prozeßbedingungen und Einflußfaktoren die, speziell für dieses Schweißverfahren, betrachtet werden müssen.

Zur Erzielung eines definierten Aufschmelzens in der Fügeebene müssen beim Ultraschallschweißen spezielle Fügenahtgeometrien vorgesehen werden. Man unterscheidet hier Energierichtungsgeber- und Quetschnahtgeometrien (Fig. 1). Insbesondere beim Ultraschallschweißen mit Energierichtungsgebergeometrie läßt sich der Ultraschallschweißprozeß in verschiedene Prozeßphasen unterteilen. Diese lassen sich anhand des zeitabhängigen Fügewegverlaufs verdeutlichen (Fig. 2a). Die verschiedenen Prozeßphasen des Ultraschallschweißprozesses korrelieren dabei mit der Erzielung bestimmter Schweißnahtqualitätsniveaus. Aber auch beim Ultraschallschweißen von Quetschnahtgeometrien ist der Fügewegverlauf entscheidend für die erzielbaren Schweißnahtqualitäten. Hier ist jedoch eine Einteilung des Schweißprozesses in verschiedene Phasen aufgrund der komplexeren nahtgeometrischen Voraussetzungen nicht immer möglich. Doch auch hier korrelieren die Verbindungseigenschaften mit dem Verlauf des Fügewegs bzw. der -geschwindigkeit. So daß auch hier die Fügegeschwindigkeit als Regelgröße während des Schweißprozesses zur Erzielung bestimmter Verbindungsqualitäten herangezogen werden kann. In Fig. 2b ist exemplarisch ein Fügewegverlauf beim Schweißen einer Quetschnahtgeometrie dargestellt.

Man unterscheidet beim Ultraschallschweißen die Parameter Fügekraft, aus der sich der Fügedruck ergibt, sowie den Fügeweg, der sich aus der Abschmelzbewegung der Fügeteile in Fugerichtung ergibt. Beide Parameter sind zeitabhängig. Die Fügekraft wird in der Regel konstant gehalten. Der zeitliche Verlauf des Fügewegs der beiden Fügeteile ergibt sich dagegen aus der geometrischen Gestalt der Fügeebene sowie aus den vorliegenden Prozeßbedingungen wie Schwingungsamplitude, Schwingungsfrequenz, Fügedruck und Schweißzeit.

Um feste Verbindungen zu erzielen, muß der Werkstoff ausreichend aufgeschmolzen werden und muß ein entsprechender Fügedruck vorhanden sein, damit eine Homogenisierung und Vermischung der Schmelzeströme stattfinden kann. In der Praxis wird diesen Forderungen

gen oft dadurch Rechnung getragen, daß ein Mindestfügeweg eingehalten wird. Dieses Vorgehen kann jedoch lediglich bei einfachen Fügeteilgeometrien, die mit äußerst geringen Toleranzen behaftet sind, zum Ziel führen.

Bei im Spritzgießverfahren hergestellten Fügeteilen weisen diese meist unvermeidbare Fertigungstoleranzen auf, so daß hier eine Qualitätssicherung während des Schweißprozesses durch die Vorgabe eines Mindestfügewegs nicht mehr möglich ist oder dieser zu große Werte annehmen muß, um alle Verbindungen mit hoher Qualität zu fertigen. Neben den geometrischen Fertigungstoleranzen hat auch das innere Gefüge der spritzgegossenen Fügeteile eine Auswirkung auf den Prozeßverlauf beim Ultraschallschweißen. Infolge unterschiedlicher Spritzgießherstellbedingungen kann das innere Gefüge der Fügeteile sehr stark differieren, so daß bei gleichen Schweißfertigungsparametern unterschiedliche Schweißergebnisse resultieren.

Weiterhin wurde bisher die Vorgabe einer bestimmten, vom Ultraschallgenerator, während des Schweißprozesses abgegebenen Energie als Kriterium für eine gute Verbindungsqualität herangezogen. Wie Untersuchungen jedoch gezeigt haben, korreliert die vom Generator abgegebene Energie nicht mit der Schweißnahtqualität. So daß auch die Vorgabe einer bestimmten Schweißenergie nicht zur Qualitätssicherung während des Schweißprozesses geeignet ist.

Entscheidend für die Qualität einer Verbindung sind die Fließverhältnisse in der Fügeebene beim Schweißen und die anschließenden Temperatur- und Druckverhältnisse mit den resultierenden Fließverhältnissen der abkühlenden Schmelze in der folgenden Haltephase. Die Wirtschaftlichkeit des Prozesses aber auch die qualitätsbestimmenden Parameter werden durch die möglichst effektive und der Fügeaufgabe angepaßte Energieeileitung und Umwandlung bestimmt. Wichtige Fertigungsparameter sind hier die Amplitude der Ultraschallschwingung und die Fügekraft bzw. bei Bezug auf die Fügeebenenfläche der Fügedruck. Unter der Voraussetzung einer während des Prozesses weitgehend konstanten Amplitude wird die Nahtqualität von der Realisierung einer bestimmtem Fügegeschwindigkeit bei einer bereichsweise vorgegebenen Fügekraft bzw. einem Fügedruck bestimmt.

Aus der EP 0 421 019 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Fügen von Kunststoffteilen durch Ultraschall, insbesondere Schweißen, Nieten, Bördeln oder Verformen, bekannt, bei dem entsprechend einer vorgegebenen Absenkgeschwindigkeit eine Materialverformung erreicht wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Absenkgeschwindigkeit der Sonotrode in Abhängigkeit von der sich im Kunststoffteil aufbauenden Kraft gesteuert oder geregelt wird. Weiterhin wird die Möglichkeit betrachtet, daß zur Realisierung eines gewünschten Kraftverlaufs die Absenkgeschwindigkeit der Sonotrode als Zeitprofil vorgegeben wird bzw. das vorgegebene Kraftprofil über Regelung der Absenkgeschwindigkeit der Sonotrode unter Berücksichtigung der Verformung der Fügeteile stets beibehalten wird.

Die Aufgabe der Erfindung hier ist es demgegenüber den Verlauf der Fließgeschwindigkeit in der Fügeebene und bestimmte Fügewegverläufe der Fügeteile über die Größen Fügekraft und Sonotrodenabsinkgeschwindigkeit zu beeinflussen.

Hieraus ergibt sich die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung anzugeben, mit der die Parameter beim Ultraschallschwei-

Ben so gewählt werden können, daß gute Verbindungseigenschaften resultieren und feste Verbindungen reproduzierbar hergestellt werden können. Das Verfahren und die Vorrichtung müssen hierbei auf alle Füge-
 teilgeometrien und Füge-
 teilwerkstoffe anwendbar sein.

Die genannte Aufgabe ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren mit den Merkmalen im Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens sowie eine erfindungsgemäße Vorrichtung sind in weiteren Ansprüchen gekennzeichnet.

Im folgenden wird beispielhaft für das Ultraschallschweißen einer Energierichtungsgebergeometrie der Prozeßverlauf und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten der Beeinflussung der Schweißnahtqualität dargestellt.

Der zeitliche Verlauf der eingangs erwähnten Parameter Fügweg bzw. Fügegeschwindigkeit unterteilt den Ultraschallschweißprozeß beim Schweißen mit Energierichtungsgebergeometrie in vier unterschiedliche Prozeßphasen (Fig. 2a), hierbei ist vorausgesetzt, daß die Fügekraft und die Schwingungsamplitude der Sonotrode während des Schweißvorgangs annähernd konstant sind:

1. Phase:

Anschmelzen des Energierichtungsgebers durch Grenzflächenreibung und Hystereseverluste infolge der Schwingungsdeformation. Die Abschmelzgeschwindigkeit fällt stetig aufgrund der sich verbreiternden Energierichtungsgeberfläche und des folglich abnehmenden Fügedrucks.

2. Phase:

Ankopplung zwischen Ober- und Unterteil. Die Abschmelzgeschwindigkeit ist für eine gewisse Zeit konstant. Dabei wird das Material, welches durch den Kontakt mit den kalten Oberflächen seitlich des Energierichtungsgebers erkaltet ist, erneut aufgeschmolzen. Die Folge ist ein erneuter Anstieg der Abschmelzgeschwindigkeit.

3. Phase:

Stationäres Abschmelzverhalten. In der Naht bildet sich eine konstante Schmelzeschichtdicke aus. D.h., in der dritten Phase steigt der Fügweg zeitproportional an, wobei vorausgesetzt ist, daß der Fügedruck konstant ist.

4. Phase:

Haltephase. Hier kühlt die Schmelze durch Wegfall der Ultraschallschwingung ab.

Dieser Verlauf zeigt sich in abgewandelter Form auch bei sich ändernder Fügekraft und Amplitude. Erfindungsgemäß zeigen sich bei Untersuchungen als Voraussetzung guter Verbindungseigenschaften, daß je nach verwendetem Werkstoff und Qualitätsanforderung eine bestimmte Phase erreicht werden muß. Erfindungsgemäß werden während des Ultraschallschweißprozesses zeitabhängig auf jeden Fall die qualitätsrelevanten Parameter Fügweg und Fügekraft gemessen, um zu ermöglichen, daß die unterschiedlichen Prozeßphasen exakt voneinander getrennt und die Energieeinführung in die Fügeteile kontrolliert werden kann. Insbesondere eignet sich als Indikator für das Erreichen der jeweiligen Phase die zeitliche Ableitung des Fügeweges, also die Fügegeschwindigkeit. In der dritten Phase z. B. nimmt der Fügweg in erster Näherung linear mit der Zeit zu. Die Ableitung ist somit eine Konstante. Untersuchungen haben gezeigt, das alleine durch Erreichen der dritten Phase bei konstanter Fügekraft, bzw. in

dieser Phase auch konstantem Fügedruck, eine Mindestfestigkeit in der Verbindung erreicht wird, die sich bei fortschreitender Schweißzeit nicht mehr verändert. In dieser Phase ist mit reproduzierbaren Schweißergebnissen zu rechnen. Die Untersuchungen haben ferner ergeben, daß als Voraussetzung guter Verbindungseigenschaften eine definierte Fließgeschwindigkeit in der Schmelzeschicht vorliegen muß. Über den Schweißprozeß ist diese werkstoff- und geometriespezifische Fließgeschwindigkeit mit einer definierten Fügegeschwindigkeit verknüpft. Dadurch ist es möglich, die aus dem Fügwegverlauf bestimmbare Fügegeschwindigkeit als Gütekriterium für die Ultraschallschweißverbindung heranzuziehen. Hierzu wird die Fügegeschwindigkeit als Regelgröße während des Schweißprozesses herangezogen. Eine bestimmte Fügegeschwindigkeit kann hierbei entweder über den Fügedruck bzw. die Fügekraft, mit der die Fügeteile von einem Antrieb aufeinander zu bewegt werden so geregelt werden, daß ein bestimmter Sollwert für die Fügegeschwindigkeit erreicht wird. Allerdings ist das alleinige Erreichen einer bestimmten Fügegeschwindigkeit kein Maß für die in der Fügeebene vorliegende Fließgeschwindigkeit der Kunststoffschmelze und damit auch kein alleiniges Maß für die erzielbaren Schweißnahtqualitäten. Die Fließgeschwindigkeit wird unter anderem sehr stark durch die Fügekraft und den damit verbundenen Energieeinführungs- und Schmelzebildungsprozessen bestimmt. Aus diesem Grunde muß die Fügekraft mit überwacht werden.

In Fig. 3 ist beispielhaft für eine Energierichtungsgebergeometrie der Verlauf der Prozeßgrößen Fügekraft und Fügweg dargestellt. Wobei im Fall A mit konstanter Fügekraft geschweißt wird, im Fall B hingegen die Fügegeschwindigkeit in der dritten Prozeßphase durch Vorgabe eines Fügekraftprofils geregelt wird. Ziel ist es hierbei unter anderem, durch die anfangs hohe Kraft, ein schnelles Durchlaufen der beiden ersten Phasen zu erreichen und eine optimale Schmelzebildung nach Erreichen der dritten Phase zu gewährleisten. Die Absenkung der Fügekraft führt zu einer Reduzierung der Fügegeschwindigkeit. Durch die Regelung der Fügegeschwindigkeit über die Fügekraft als Stellgröße werden definierte Fließbedingungen der Kunststoffschmelze in der Schweißnaht induziert, diese korrelieren wiederum mit der Erzielung bestimmter Verbindungsqualitäten. Bei der Vorgabe der Fügekraft als Stellgröße ist jedoch zu beachten, daß die Fügekraft hierbei keine beliebigen Werte annehmen darf, sondern nur solche, bei denen weiterhin eine gute Energieeinführung in die Fügeteile stattfinden kann, denn die Schweißkraft beeinflusst entscheidend die Energieumsetzungs- und Schmelzebildungsprozesse. Dies unterstreicht auch die Bedeutung der Fügekraftüberwachung während des Schweißprozesses.

Somit ergibt sich über die Steuerung oder Regelung der Fügegeschwindigkeit die Möglichkeit die Verbindungsqualität der Ultraschallschweißung gezielt zu beeinflussen. Dies ist bei bisherigen Prozeßführungskonzepten nicht möglich. Hier fehlten bisher die erforderlichen Vorrichtungen und Verfahren zur meßtechnischen Erfassung der qualitätsrelevanten Prozeßgrößen sowie zu deren Steuerung und Regelung.

Im Falle des Ultraschallschweißens von Quetschnahtgeometrien ist eine Einteilung des Schweißprozesses in verschiedene Phasen aufgrund der komplexeren nahtgeometrischen Voraussetzungen nicht möglich. Aber auch hier korrelieren die Verbindungseigenschaften mit

dem Verlauf des Fügeweges bzw. -geschwindigkeit. So daß auch hier die Fügegeschwindigkeit als Regelgröße während des Schweißprozesses zur Erzielung bestimmter Verbindungsqualitäten herangezogen werden kann. Neben den in Fig. 1 dargestellten Nahtgeometrien werden in der Praxis auch häufig modifizierte Nahtgeometrien oder Sonderformen eingesetzt. Generell sind die dargestellten Zusammenhänge für alle Nahtgeometrien gültig. Es ergeben sich hier nur tendenziell unterschiedliche Fügewegverläufe. Entscheidend für die Qualität der Schweißverbindung ist jedoch immer der Fügewegverlauf in Verbindung mit dem Fügekraftverlauf.

In Fig. 4 ist ein Wegaufnehmer 1 an der beweglichen nicht dargestellten Verfahreinheit der Ultraschallschweißmaschine befestigt. Diese Verfahreinheit wird mittels eines Antriebs, der entweder die Variation der Fügekraft oder die direkte Vorgabe von definierten Fügegeschwindigkeiten erlaubt, auf die gehäusefeste Fügeaufnahme zubewegt, woraus sich der Fügeweg in z-Richtung der Fig. 1 ergibt.

Bei einem pneumatischen Antrieb wird hierbei beispielsweise vom Pneumatikzylinder ein bestimmter Druck auf die Fügeteile ausgeübt, d. h. die Maschine arbeitet kraftgeregelt. Die Signale des Wegaufnehmers werden in einem Verstärker 2 verstärkt und dann einem Differenzierer 3 zugeführt. Das Ausgangssignal des Differenzierers stellt somit die zeitliche Ableitung des Fügeweges und damit die Fügegeschwindigkeit dar. Dem Differenzierer ist ein Vergleichler 4 nachgeschaltet, in dem die Fügegeschwindigkeitssignale in kurzen zeitlichen Abständen verglichen werden. Als Sollgröße wird dem Differenzierer 3 hierbei eine definierte Fügegeschwindigkeit oder ein zeitlicher Fügegeschwindigkeitsverlauf vorgegeben. Unterschreitet die Abweichung zwischen gemessener und vorgegebener Geschwindigkeit eine gewisse Toleranz, so gibt der Vergleichler 4 ein Ausgangssignal "Ultraschall aus" ab, daß über ein Relais 5 die Ultraschallschwingung der Schweißmaschine abschaltet. Es ist somit, unter der Voraussetzung einer konstanten Fügekraft, sichergestellt, daß bei Prozeßende definierte Fließbedingungen in der Kunststoffschmelze vorliegen.

In Fig. 5 ist wiederum der Wegaufnehmer 1, der Verstärker 2 und der Differenzierer 3 dargestellt. Wiederum liefert das Ausgangssignal des Differenzierers 3 eine Aussage über die momentan vorliegende Fügegeschwindigkeit. Hierbei wird gemäß Fig. 5 der Ultraschall nicht abgeschaltet, sondern das Ausgangssignal des Differenzierers 3 einem Regler 6 zugeführt und hier mit einem Sollwert für die mittlere Fügegeschwindigkeit verglichen. Der Ausgang des Reglers 6 wird einem Proportionalventil 7 zugeführt. Das Proportionalventil 7 wird vom Regler 6 so angesteuert, daß die vom Zylinder ausgeübte Kraft und somit die Fügegeschwindigkeit den eingestellten Sollwert erreicht. Sobald die gemessene Fügegeschwindigkeit innerhalb eines gewissen Toleranzbandes, den vorgegebenen Sollwert erreicht hat, schaltet die Maschine über das Relais 5 den Ultraschall aus. Vorteil dieses Schaltungskonzeptes ist es, daß durch die Regelung der Fügegeschwindigkeit Toleranzen in den Fügeteilen, wie z. B. geometrische Toleranzen oder unterschiedliche innere Gefüge den Schweißprozeß nicht mehr negativ beeinflussen können. Die durch diese Toleranzen bedingten unterschiedlichen Fügewegverläufe können, durch Einregelung der Fügegeschwindigkeit auf ein für das jeweilige Fügeteil und den Werkstoff als optimal erkannte Größe, kompensiert werden. Somit lassen sich reproduzierbare Nahtqualitäten herstellen.

Voraussetzung hierbei ist, daß die Stellgröße Fügekraft während des Regelungsvorgangs so variiert wird, daß sich neben der Erzielung einer vorgegebenen Fügegeschwindigkeit auch, infolge der von der Fügekraft abhängenden Energieeinleitungsverhältnisse, ähnliche Schmelzeschichtdicken und somit auch ähnliche rheologische und thermische Zustände in der Nahtebene einstellen. Weiterhin Voraussetzung für reproduzierbare Schweißnahtqualitäten ist das gleichmäßige Erreichen der Fügegeschwindigkeit in allen Fügenahtbereichen.

Bei dem in Fig. 5 dargestellten Regelungskonzept muß berücksichtigt werden, daß sich infolge der als Stellgröße wirkenden variablen Fügekraft unterschiedliche Fügeteildeformationen während des Regelungsvorgangs einstellen. Diese haben Auswirkungen auf die gemessene Fügegeschwindigkeit, die dann nicht mehr mit der tatsächlichen Fügegeschwindigkeit, infolge der Abschmelzbewegung in der Fügeebene, übereinstimmt. Die Fügeteildeformationen müssen bei der Bestimmung der Fügegeschwindigkeit im Differenzierer 3 berücksichtigt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern und Regeln von Prozeßparametern beim Ultraschallschweißen, wobei die Fügeteile durch eine schwingende Sonotrode in eine oszillierende longitudinale Schwingungsbewegung zueinander versetzt werden bis der Werkstoff in der Berührungzone aufschmilzt und unter Aufbringung einer Fügekraft und Zurücklegen eines Fügeweges aufeinander zu bewegt werden, worauf nach Beendigung des Ultraschallschweißvorgangs beim Abkühlen eine stoffschlüssige Verbindung entsteht. **Dadurch gekennzeichnet**, daß die zeitabhängigen für die Fertigung charakteristischen Parameter während des Ultraschallschweißvorganges gemessen werden und das Erreichen der Prozeßphase in der ein, für das jeweilige Material und die jeweilige Fügeteilgeometrie bezüglich der erzielbaren Schweißnahtqualität, optimaler Schmelzfluß in der Fügeebene herrscht bestimmt wird, worauf der Ultraschallschweißprozeß beendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung einer Prozeßphase der Fügeweg und/oder die Fügegeschwindigkeit gemessen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Fügegeschwindigkeit beim Zurücklegen des Fügeweges ermittelt wird und nach Erreichen einer vorgegebenen Fügegeschwindigkeit der Ultraschallschweißvorgang beendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Fügeweg gemessen und aus dem Fügeweg in zeitlicher Ableitung die Fügegeschwindigkeit ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine definierte Fügegeschwindigkeit oder ein Fügegeschwindigkeitsverlauf durch Vergleich der aus dem Fügeweg ermittelten Fügegeschwindigkeit mit einem Konstantwert oder einem zeitlichen Fügegeschwindigkeitsverlauf festgestellt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß nach Erreichen der definierten Fügegeschwindigkeit innerhalb eines

vorher definierten Zeitraumes oder eines Fügegeschwindigkeitsverlaufs über einen bestimmten Zeitraum, der Ultraschallschweißvorgang abgeschaltet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Fügegeschwindigkeit so geregelt wird, daß eine vorbestimmte Fließgeschwindigkeit der Werkstoffschmelze erreicht wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung der Fügegeschwindigkeit durch die Kraft erfolgt, mit der die Fügeteile aufeinander gedrückt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8 in Verbindung mit einem der Ansprüche 1—7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Überwachung der Energieeinleitungsverhältnisse in die Fügeteile die Fügekraft während des Schweißvorganges gemessen wird.

10. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1—9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung des Fügeweges ein Wegaufnehmer (1) vorgesehen ist, an den ein Differenzierer (3) und ein Vergleichler (4) angeschlossen sind, in dem das Signal aus dem Differenzierer mit einem Sollwert verglichen wird.

11. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Messung der Fügekraft eine Kraftmeßdose vorgesehen ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß an den Vergleichler (4) ein Regler (6) angeschlossen ist, der nach Erreichen einer definierten Fügegeschwindigkeit durch Vergleich mit einem Sollwert eine Regelung der Fügegeschwindigkeit durchführt und der Ultraschallschweißvorgang nach Erreichen einer bestimmten Fügegeschwindigkeit innerhalb eines vorher definierten Zeitraums beendet wird.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Reglerausgang auf ein Stellglied (7) für einen Antrieb in Fugerichtung geführt wird. Der Antrieb kann pneumatisch, elektrisch oder hydraulisch sein. Als Stellgröße dient die vom Antrieb auf die Sonotrode ausgeübte Fügekraft.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

45

50

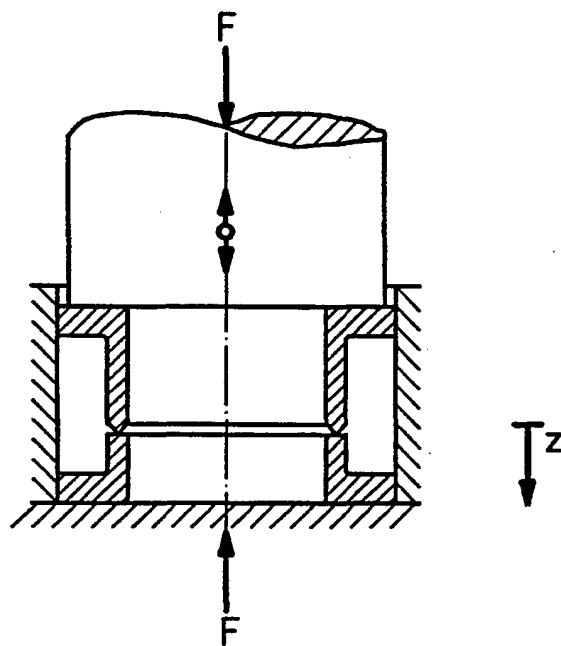
55

60

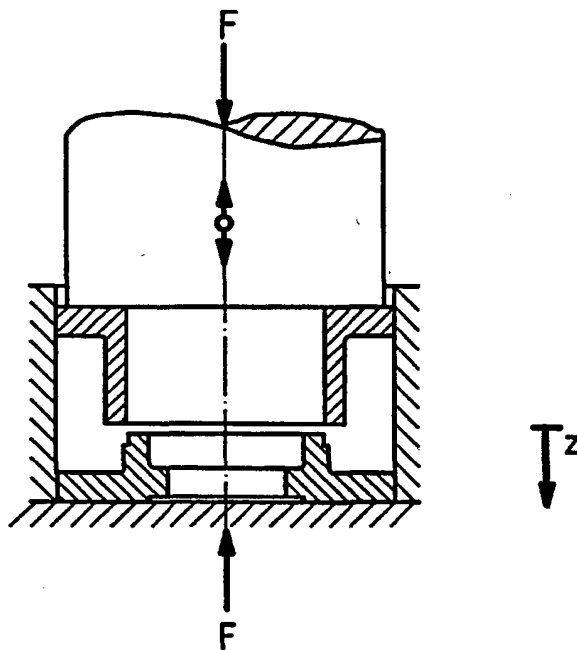
65

- Le rseite -

Fig. 1



Energierichtungsgebergeometrie



Quetschnahtgeometrie

Fig. 2

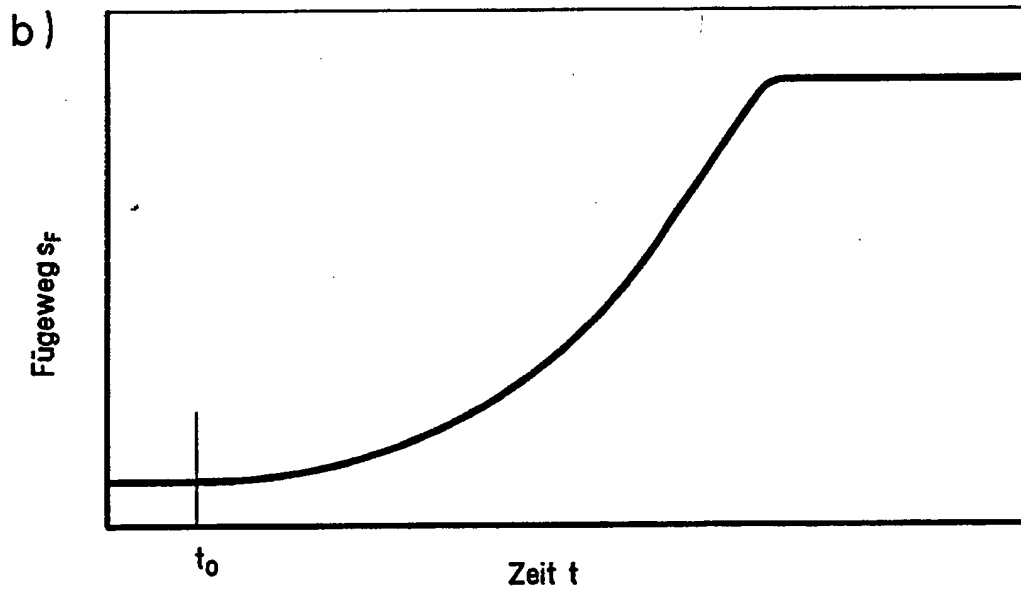
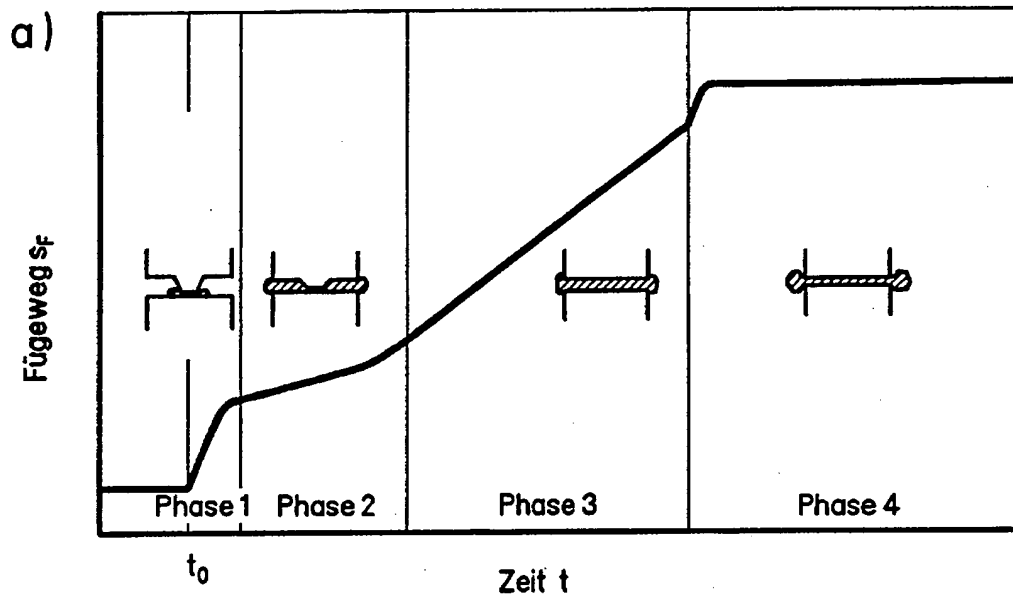


Fig. 3

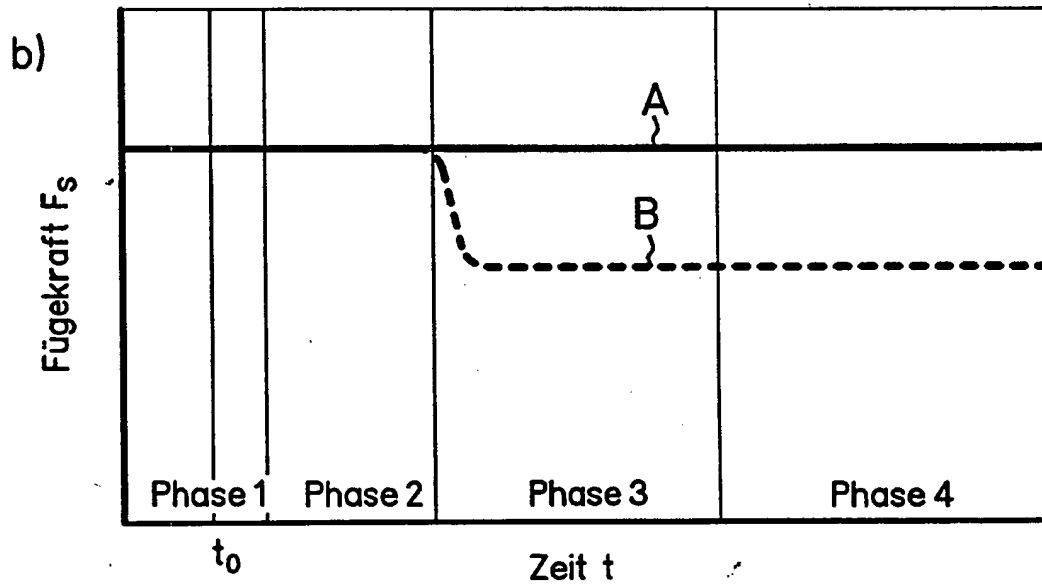
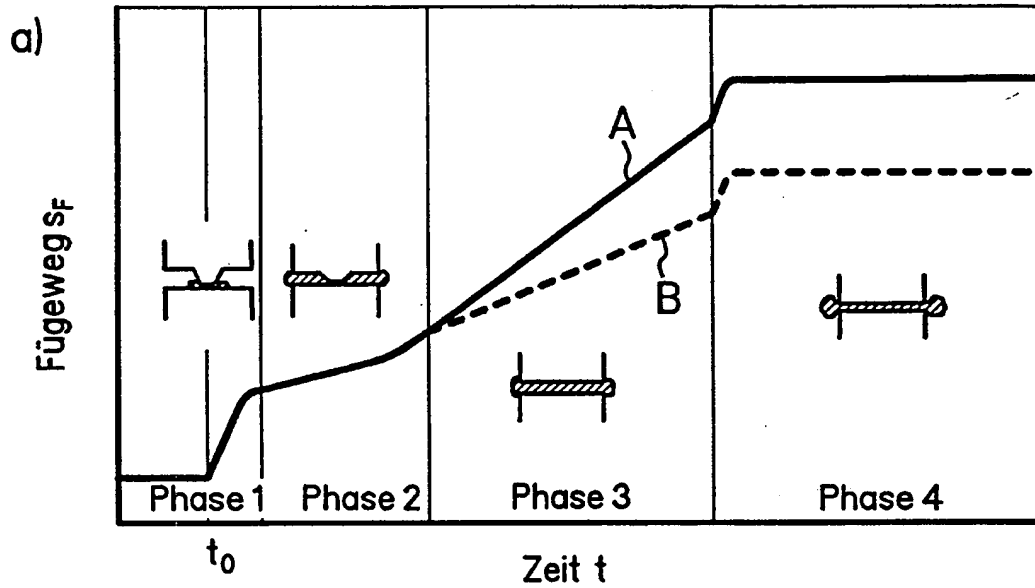


Fig. 4

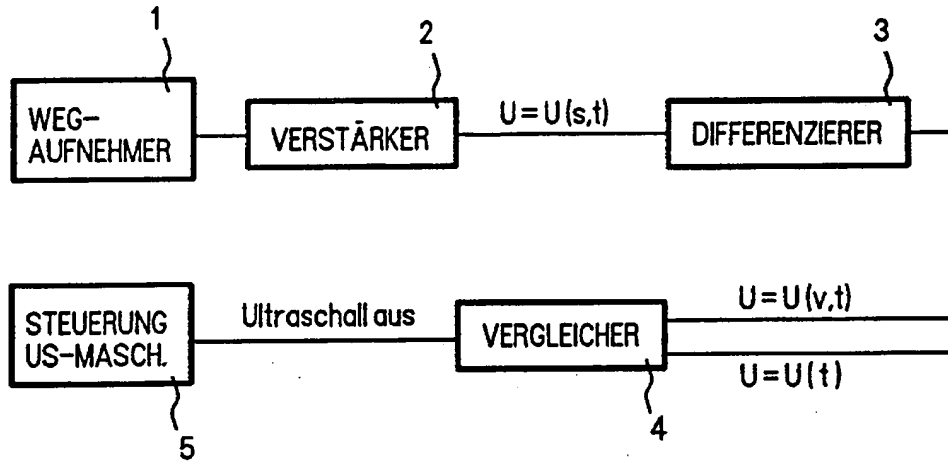


Fig. 5

